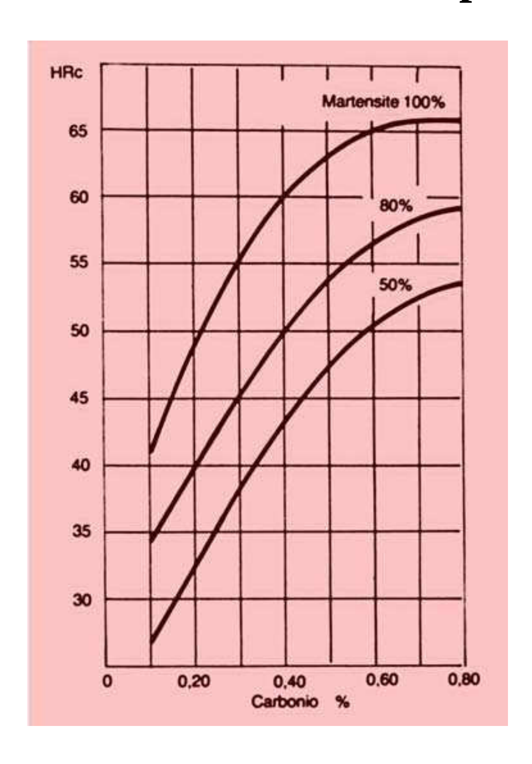
# LE BON CHOIX D’UNE INSTALLATION POUR LA TREMPE PAR INDUCTION

## Comment calculer la puissance nécessaire




## Quelle fréquence de travail choisir

## Géométrie de la pièce à traiter et ses caractéristiques électromagnétiques

## Géométrie de l’inducteur de chauffage

## Facteur variables

Lorsqu'une entreprise doit acheter une installation pour trempe par induction, elle soumet aux fournisseurs potentiels un cahier des charges technique; les réponses techniques reçues sont souvent si opposées qu’elles désorientent assez qui, évidemment, n’est pas un expert du secteur.

Encore plus souvent, il n’y a pas une corrélation logique avec le problème soumis mais seulement l'intention claire de vendre le produit disponible parce que l’insuffisance des moyens techniques ne permet pas au fournisseur de produire l'installation qui effectivement serait nécessaire.

Il faut tirer au clair cette affaire.

***Luca Bello***

***Giorgio Mazzola***

***Massimo Mosca***

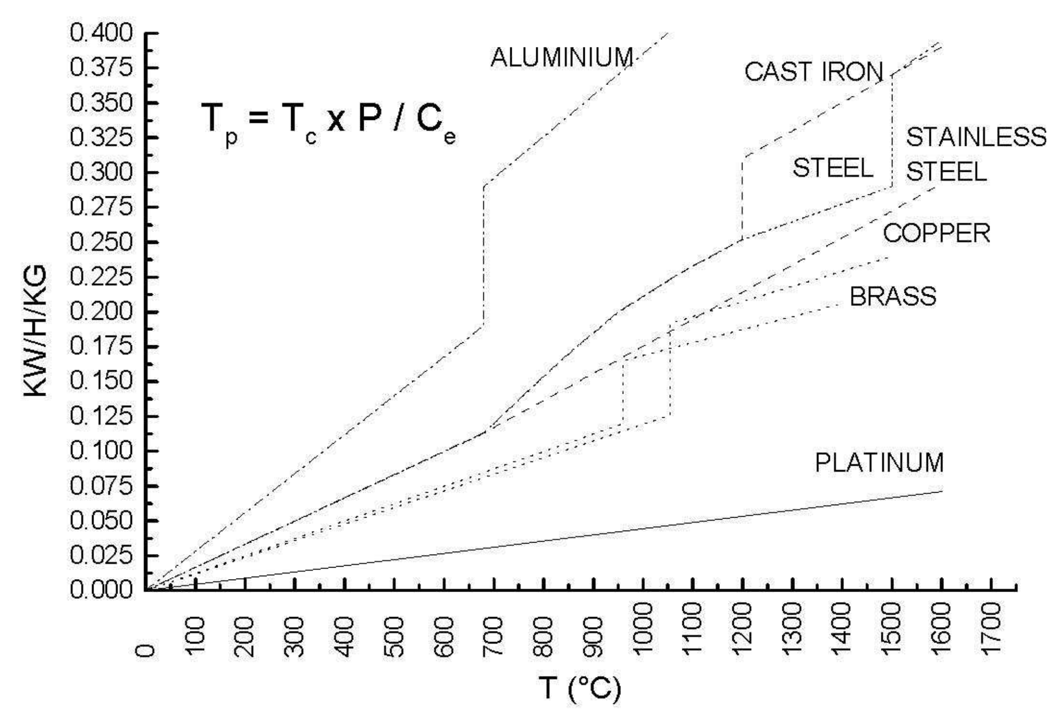
**La puissance** représente l'énergie dans l'unité de temps que l'installation doit être en mesure de
transférer sur la pièce.

Dans le cas d'un traitement thermique par induction, la puissance réchauffante est celle déterminée par le
circuit oscillant et plus correctement appelée puissance réactive.

Selon les caractéristiques physico – géométriques de la pièce et la température à atteindre, le choix d'un facteur de qualité optimale permet de maximiser les performances du générateur en minimisant les consommations.

Tout juste ; mais je ne suis pas un technicien, comme puis-je comprendre « plus ou moins » la puissance nécessaire à tremper une certaine pièce ?

Demandons une aide à la Physique




Tp = puissance théorique en KW/H/KG

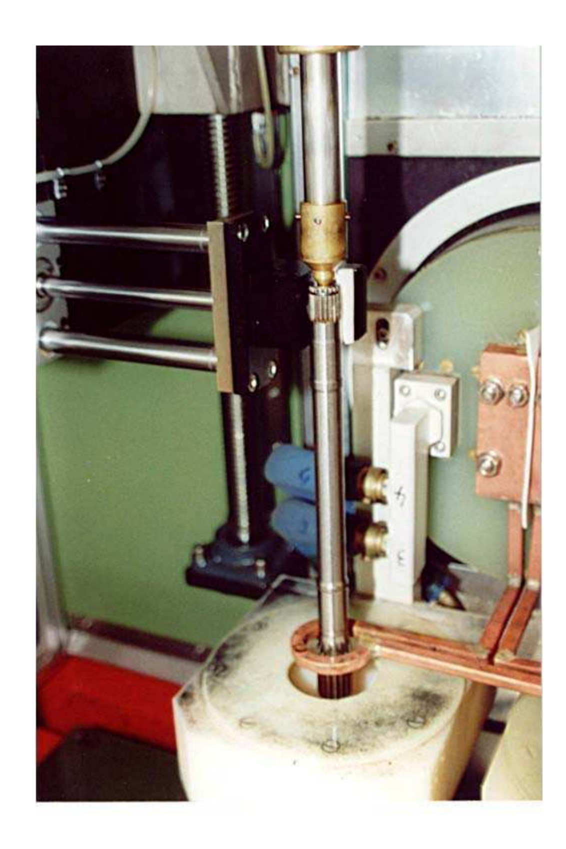
Tc = capacité thermique en KW/H/KG déduite du graphique

P = quantité horaire de matériel à transformer en KG

Ce = efficacité inducteur en valeur absolue

Faisons un exemple pratique

Nous devons tremper cet arbre en acier C 40 qui a un Ø 30 mm et une longueur de 300 mm



Calculons son poids : 1,660 kg

Nous en devons tremper 60 pièces/heure

Le temps de cycle de 60 sec sera composé de plusieurs délais passifs (chargement, déchargement, positionnement de l'inducteur, fermeture des protections, refroidissement supplémentaire à la fin du cycle) et d'un délai actif à consacrer au chauffage

Sur un total de 60 sec seulement 30 seront dédiés au chauffage

Calculons la quantité horaire de produit à réchauffer qui sera de :

3.600 sec divisés par 30 = 120 cycles/H multipliés par 1,660 Kg = 199,2 Kg

Nous savons que la température de trempe optimale pour cet acier est de 900 ° C

À partir du graphique, nous pouvons lire sur la courbe « steel » (acier) que nous nécessitons de 0,18 Kw/H tous les kilogrammes de matériel ; par conséquent, la puissance nécessaire est de 36 KW

À ce point, nous devons diviser la puissance théorique par le rendement inducteur pièce

qui dépend de plusieurs facteurs et qui change même en fonction de la température de la

pièce pendant le chauffage (à la température de Curie = 720 °C le matériel perd de magnétisme)

Pour ne pas se perdre en sujets trop techniques, calculez un rendement de 0,5 et vous ne vous tromperez jamais !

Donc la puissance correcte devient de 36 KW divisés par 0,5 = 72 Kw

Puisque la pièce n'est pas à tremper à cœur, il faut avoir plus de puissance pour réchauffer rapidement et porter à température de transformation seulement la couche superficielle qui nous concerne

Acceptez un autre conseil découlant de l’expérience

Si vous voulez une trempe avec profondeur 4 – 6 mm multipliez la puissance par 2

C’est-à-dire 72 x 2 = 144 KW

Si vous voulez une trempe avec profondeur 2 – 3 mm multipliez la puissance par 1,5

C’est-à-dire 72 x 1,5 = 108 KW

Il s’agit naturellement d’un calcul qui fera saisir d’horreur les théoriciens de l’induction parce qu’on ne considère pas la fréquence de travail et beaucoup d’autres facteurs importants...mais il vous permettra de comprendre si votre fournisseur a proposé l’installation correcte.



Quelle fréquence de travail choisir

**La fréquence** produite par le circuit oscillant influence les caractéristiques du traitement thermique sous deux aspects :

**1) Profondeur de pénétration par « effet peau »**
**2) Intensité des lignes de champ électromagnétique**

La **(1)** définit la profondeur de chauffage par induction ; elle est indépendante de la durée temporelle et de la puissance appliquée au cours du traitement.

De pair avec la conduction thermique (fonction du temps de chauffage, de la puissance appliquée et de la conductibilité thermique du matériel traité) elle définit la profondeur réelle du traitement thermique

La **(1)** peut être exprimée, en première approximation, comme :

**Dpen** ≅ **75000/f** [mm]

Exemples :

- Pour une fréquence de 100 kHz : **Dpen ≅ 0,75 mm**
- Pour une fréquence de 10 kHz : **Dpen ≅ 7,5 mm**

Il ressort clairement des exemples l'influence de la fréquence sur la profondeur de la zone traitée

La **(2)** est un paramètre physique caractéristique de toute émission électromagnétique et indique la densité des lignes du champ électromagnétique même.

Toute puissance étant égales, les lignes de champ résultent beaucoup plus concentrées au fur et à mesure que la fréquence augmente.

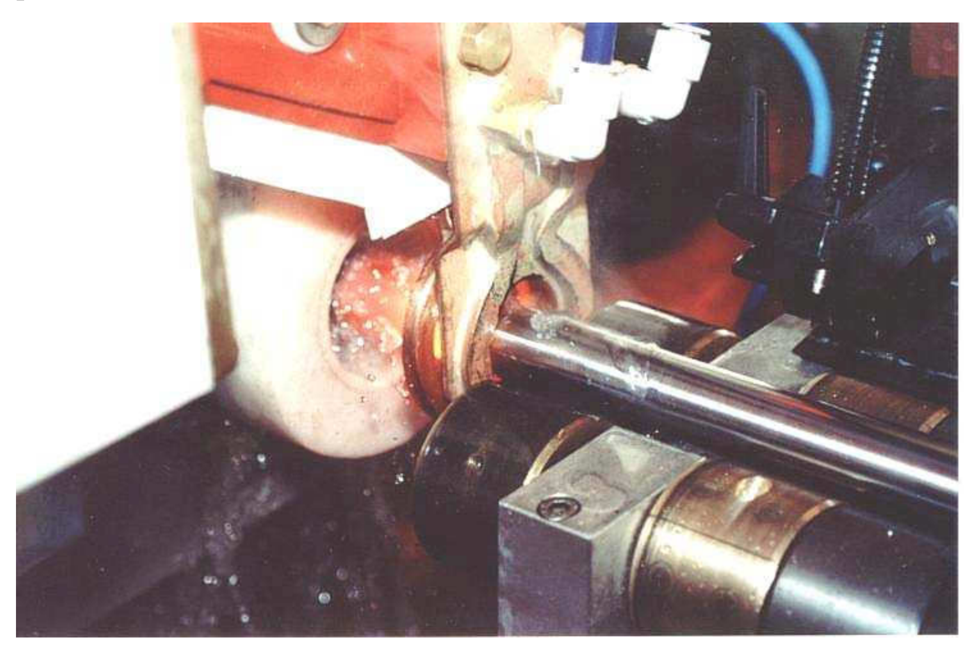
À partir de ces analyses, il est évident que les hautes fréquences sont indiquées pour les traitements thermiques où on veut traiter des zones de matériel peu étendues (trempes superficielles avec zone de transition entre matériel trempé et non bien définies).

<u>Géométrie de la pièce à traiter et ses caractéristiques électromagnétiques</u>

La géométrie du détail et le profil du traitement thermique qu'on veut atteindre sont deux paramètres fondamentaux pour le choix de la puissance et de la fréquence de travail

D'autres paramètres significatifs sont les caractéristiques métallurgiques-physiques du matériel à traiter et leur évolution au fur et à mesure que la température change ainsi que le type d'inducteur utilisé qui représente souvent un compromis entre exigences mécaniques et électriques.

Un paramètre également crucial est le couplage physique entre l'inducteur et la pièce à traiter ; du point de vue uniquement énergétique, mineure est la distance entre inducteur et pièce, meilleur est le rendement.



Facteurs variables qui peuvent influencer le choix d'une installation pour trempe par induction

Maintenant que vous avez appris à dimensionner la puissance de l'installation, à choisir la fréquence la plus juste et à reconnaître quel est l'inducteur le plus approprié, le problème se pose de choisir le fournisseur.

Combien de et quels sont les éléments qui doivent influencer le choix ?

Voyons-en quelques-uns:

Gestion liquide de refroidissement

Le générateur réchauffe, mais la trempe s'obtient en refroidissant la pièce !

La gestion correcte du liquide de trempe est fondamentale, il est nécessaire de refroidir (en certains cas même de réchauffer au début du cycle) le liquide, le filtrer soigneusement, en gérer la portée et la pression.



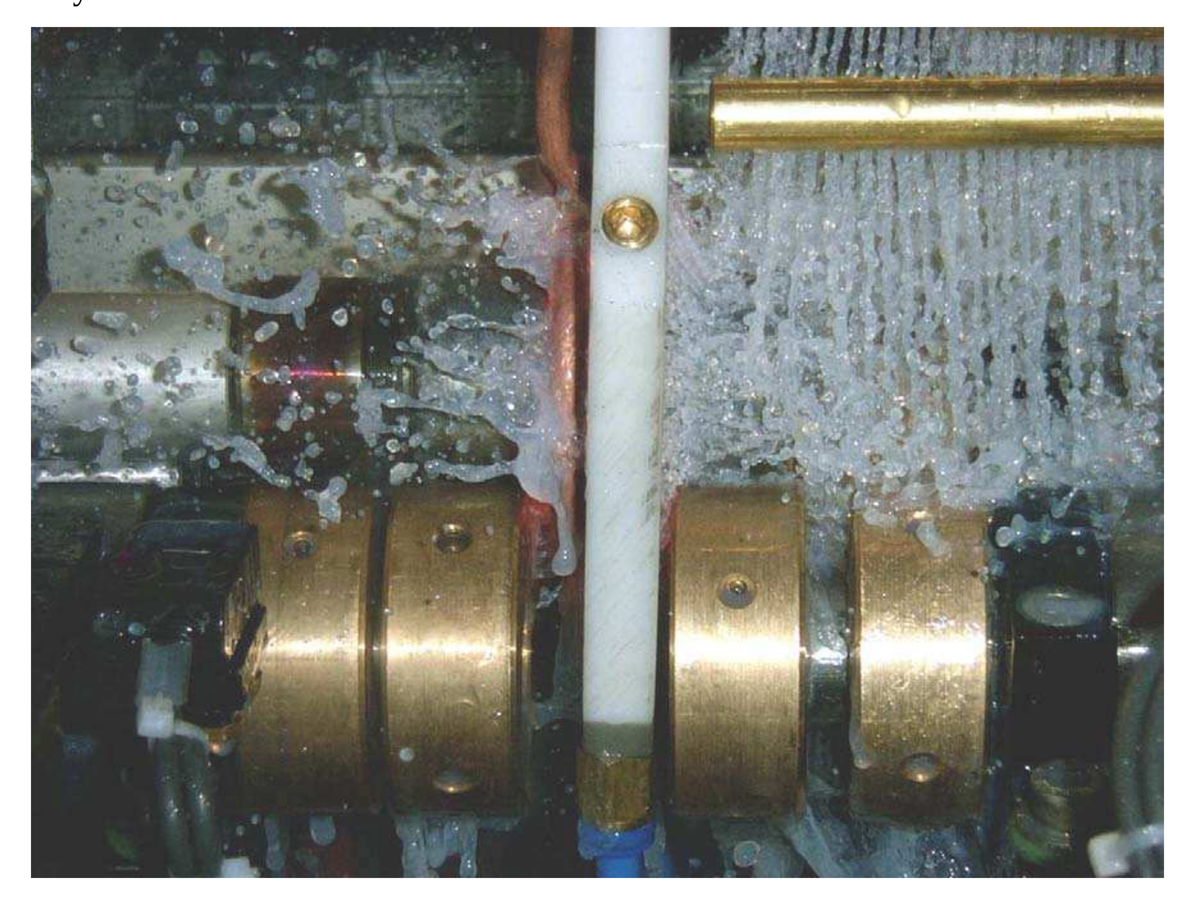
Douche de refroidissement

Le liquide de trempe doit être aspergé sur la pièce en utilisant une douche correctement réalisée ; et non à l'aide du « tuyau typique et un couple de tuyères »

Les trous d'où le liquide sort doivent être effectués de sorte que les jets soient

parfaitement orthogonaux à la pièce.

La douche doit être conçue pour qu'elle puisse maintenir une bonne efficacité au fil des ans et assurer la constance des performances ; il faut donc utiliser des matériels résistant à l'oxydation



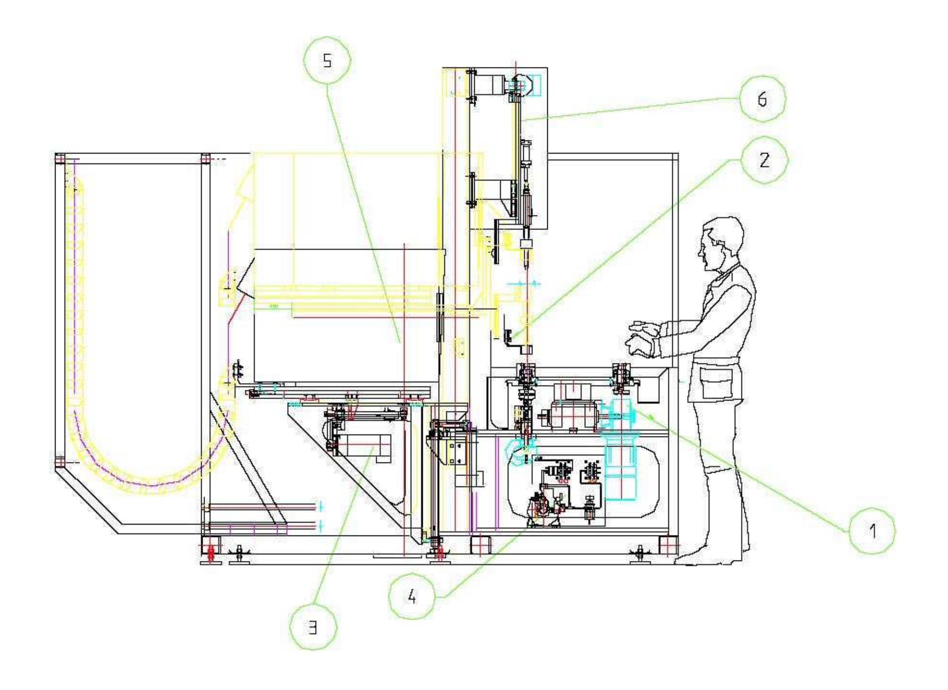
Composants utilisées pour la construction de l'installation

Tôt au tard vous aurez besoin d'une pièce de rechange et d'un technicien réparateur

Choisissez des constructeurs qui possèdent vraiment les connaissances et les compétences et non pas les entreprises qui produisent le générateur de chauffage et commissionnent la partie mécanique à de tierces  personnes

Exigez l'utilisation de composants de fournisseurs primaires avec un réseau de vente sur votre territoire.

Exigez un manuel d'utilisation et d'entretien clair et exhaustif de liste de composantes, copie du logiciel de gestion et plan d'entretien




Sécurité

Le fournisseur doit livrer un certificat de mesure des émissions de champ électromagnétique